

# ΒΑΣΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ - ΜΟΝΑΔΕΣ

## Εισαγωγή

Η μελέτη της συμπεριφοράς των ηλεκτρικών κυκλωμάτων απαιτεί τη γνώση των βασικών εννοιών και φαινομένων του Ηλεκτρικού. Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται συνοπτικά, η αλληλεπίδραση των ηλεκτρικών φορτίων η ερμηνεία της φόρτισης και εκφόρτισης των σωμάτων, τα χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού ρεύματος, η ενέργεια και η ισχύς του ηλεκτρικού ρεύματος.

Στόχος αυτού του κεφαλαίου είναι να **υπενθυμίσει** τα βασικά φυσικά μεγέθη του στατικού και του δυναμικού ηλεκτρισμού καθώς και τις μονάδες τους.

## 1 – 1. Στοιχεία στατικού ηλεκτρισμού

### 1-1.1. Ηλεκτρικό φορτίο

Πρώτος ο Θαλής ο Μιλήσιος διαπίστωσε πως το κεχριμπάρι όταν τρίβεται σε μάλλινο ύφασμα αποκτά την ιδιότητα να έλκει τρίχες, μικρά τεμάχια δέρματος κ.λ.π. Τα φαινόμενα αυτά ονομάστηκαν *ηλεκτρικά φαινόμενα* από την αρχαία ονομασία του κεχριμπαραριού «ήλεκτρο». Για να ερμηνευτούν τα ηλεκτρικά φαινόμενα, έγινε αποδεκτή η ύπαρξη ενός φυσικού μεγέθους που ονομάστηκε *ηλεκτρικό φορτίο*. Διαπιστώθηκε πως ο εβονίτης, όταν τρίβεται σε μάλλινο ύφασμα, αποκτά ηλεκτρικό φορτίο. Παρατηρήθηκε πως όταν πλησιάσουν δύο ράβδοι εβονίτη που είναι ηλεκτρισμένες απωθούνται. Ομοίως το γυαλί ηλεκτρίζεται όταν τρίβεται σε μεταξένιο ύφασμα. Όταν πλησιάσουν μια ηλεκτρισμένη ράβδος από εβονίτη και μια ηλεκτρισμένη ράβδος από γυαλί έλκονται. Από τις παραπάνω παρατηρήσεις βγήκε το συμπέρασμα πως υπάρχουν δύο ειδών φορτία αυτό του εβονίτη όταν τρίβεται σε μάλλινο ύφασμα και αυτό του γυαλιού όταν τρίβεται σε μεταξένιο ύφασμα. Το πρώτο ονομάστηκε *αρνητικό* και το δεύτερο *θετικό*. Επίσης έγινε φανερό πως τα ομώνυμα φορτία απωθούνται ενώ τα ετερόνυμα έλκονται. Η μονάδα του ηλεκτρικού φορτίου στο σύστημα S.I είναι το *Coulomb* του οποίου ο ορισμός θα δοθεί σε επόμενη παράγραφο.

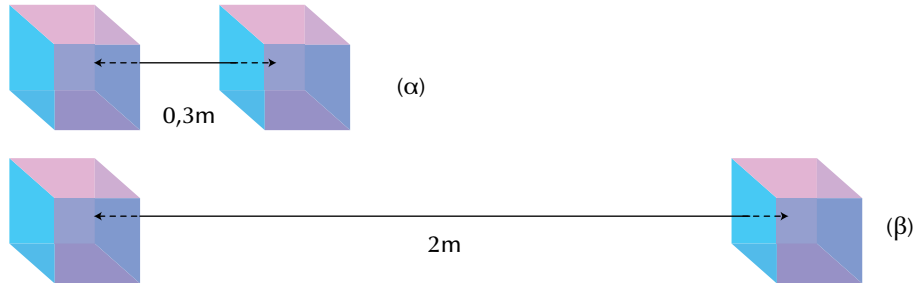
### 1-1.2. Νόμος του Coulomb

Όπως έχει αναφερθεί μεταξύ δύο φορτίων ασκούνται δυνάμεις ελκτικές ή απωστικές. Ο πρώτος που μελέτησε αυτές τις δυνάμεις ήταν ο Coulomb, και διατύπωσε το γνωστό νόμο, που φέρει το όνομα του. Παρότι μεταξύ δύο ηλεκτρικών φορτίων υπάρχει πάντα αλληλεπίδραση, ο νόμος του Coulomb δεν ισχύει γενικά για κάθε φορτίο, αλλά για σημειακά φορτία ή για φορτισμένα σώματα που έχουν σχήμα σφαίρας.

❑ Σημειακό φορτίο ονομάζεται κάθε φορτίο που οι διαστάσεις του είναι ασήμαντες σε σχέση με τις άλλες διαστάσεις που υπάρχουν στο πρόβλημα.

Για παράδειγμα δύο φορτισμένοι κύβοι που έχουν ακμή 0,1m, όταν βρίσκονται σε απόσταση 0,3m θεωρούνται φορτισμένα σώματα, ενώ όταν απέχουν 2m θεωρούνται σημειακά φορτία

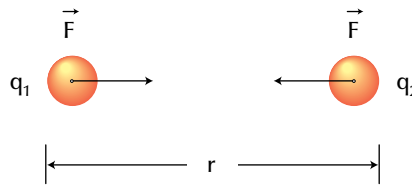
Σύμφωνα με το νόμο του Coulomb:



**Σχήμα 1-1.** α) Οι κύβοι είναι ηλεκτρικά φορτισμένα σώματα.  
β) Οι κύβοι θεωρούνται ως σημειακά φορτία

□ Οι δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ δύο σημειακών ηλεκτρικών φορτίων έχουν διεύθυνση την ευθεία που ορίζεται από τα δύο φορτία, φορά ελκτική ή απωστική αντίστοιχα αν τα φορτία είναι ετερόνυμα ή ομώνυμα. Το μέτρο της δύναμης είναι ανάλογο του γινομένου των φορτίων και αντιστρόφως ανάλογο προς το τετράγωνο της απόστασης τους.

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1.1)$$



**Σχήμα 1-2** Αλληλεπίδραση σημειακών φορτίων

Ο συντελεστής  $\epsilon_0$  ονομάζεται διηλεκτρική σταθερά του κενού και η τιμή της εξαρτάται από το σύστημα μονάδων.

Ειδικά στο S.I έχει τη τιμή:

$$\epsilon_0 = 8,9 \cdot 10^{-9} \frac{\text{Nm}^2}{\text{Cb}^2} \quad (1.2)$$

Ο συντελεστής  $\epsilon$  ονομάζεται διηλεκτρική σταθερά του μέσου και εξαρτάται από τη φύση του υλικού μέσα στο οποίο βρίσκονται τα δύο φορτία, είναι δε «καθαρός αριθμός», δηλαδή αδιάστατο μέγεθος.

Πολλές φορές αντί της σταθεράς  $\epsilon_0$  χρησιμοποιείται η ηλεκτρική σταθερά  $K_{\eta\lambda}$  που δίνεται από τη σχέση  $K_{\eta\lambda} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$  και επομένως έχει τιμή  $K_{\eta\lambda} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$ .

### 1-3.1. Δομή της ύλης

Τα υλικά σώματα που υπάρχουν στη φύση, χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τις *χημικές ουσίες* και τα *μίγματα*.

❑ *Χημικές ουσίες ονομάζονται τα σώματα των οποίων η σύσταση είναι πάντοτε σταθερή και ανεξάρτητη από τον τρόπο παρασκευής τους.*

Για παράδειγμα το νερό είναι χημική ουσία. Δεν υπάρχουν πολλά είδη (καθαρού) νερού. Όπως και να έχουν παραχθεί η σύσταση του είναι πάντοτε η ίδια. Αποτελείται, δηλαδή από υδρογόνο και οξυγόνο σε αναλογία μαζών 1:8.

❑ *Μίγματα ονομάζονται τα σώματα των οποίων η σύσταση δεν είναι σταθερή, αλλά εξαρτάται από τον τρόπο παρασκευής τους.*

Για παράδειγμα το αλατόνερο είναι μίγμα. Αλατόνερο μπορεί να παρασκευασθεί αν σε 1Kg νερό προστεθούν 10gr ή 12gr ή 20gr αλάτι.

Οι χημικές ουσίες χωρίζονται στα *χημικά στοιχεία* και στις *χημικές ενώσεις*.

❑ *Χημικά στοιχεία ονομάζονται οι χημικές ουσίες οι οποίες δεν μπορούν να διασπασθούν σε άλλες απλούστερες.*

Για παράδειγμα το άζωτο είναι χημικό στοιχείο. Το άζωτο δεν μπορεί να διασπασθεί σε απλούστερες ουσίες.

❑ *Χημικές ενώσεις ονομάζονται οι χημικές ουσίες που μπορούν να διασπασθούν σε άλλες απλούστερες.*

Για παράδειγμα το διοξείδιο του άνθρακα μπορεί να διασπασθεί σε οξυγόνο και άνθρακα.

❑ *Τα μικρότερα σωματίδια από τα οποία αποτελείται ένα χημικό στοιχείο ονομάζονται άτομα, δηλ. το μικρότερο σωματίδιο υδρογόνου που μπορεί να υπάρξει είναι το άτομο του υδρογόνου, ομοίως το μικρότερο σωματίδιο χρυσού που μπορεί να υπάρξει είναι το άτομο του χρυσού.*

❑ *Τα μικρότερα σωματίδια από τα οποία αποτελείται μια χημική ουσία και που διατηρούν τις ιδιότητες της ουσίας ονομάζονται μόρια.*

Τα άτομα αποτελούνται τον πυρήνα, ο οποίος βρίσκεται στο κέντρο του ατόμου και τα ηλεκτρόνια, τα οποία περιστρέφονται γύρω από τον πυρήνα.

Ο πυρήνας αποτελείται από τα πρωτόνια και τα νετρόνια. Τα πρωτόνια έχουν περίπου την ίδια μάζα με τα νετρόνια (ελάχιστα μεγαλύτερη μάζα έχουν τα νετρόνια), ενώ τα ηλεκτρόνια έχουν μάζα περίπου 2000 φορές μικρότερη από τη μάζα του πρωτονίου.

Έχει διαπιστωθεί πως τα πρωτόνια φέρουν θετικό φορτίο, ενώ τα ηλεκτρόνια αρνητικό, επομένως μεταξύ του πυρήνα και των ηλεκτρονίων ασκούνται ελκτικές δυνάμεις Coulomb. Το φορτίο που φέρουν τα πρωτόνια είναι ίσο κατ' απόλυτη τιμή με το φορτίο που φέρουν τα ηλεκτρόνια ( $1,6 \cdot 10^{-19}$  C). Τα νετρόνια δεν φέρουν ηλεκτρικό φορτίο.

Σε κάθε άτομο ο αριθμός των πρωτονίων είναι ίσος με τον αριθμό των ηλεκτρονίων και έτσι τα άτομα είναι ηλεκτρικά ουδέτερα.

Τα ηλεκτρόνια κινούνται σε διαφορετικές περιοχές γύρω από τον πυρήνα, που ονομάζονται στοιβάδες. Ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων που υπάρχουν σε κάθε στοιβάδα είναι διαφορετικός, έτσι στην πρώτη στοιβάδα (πλησιέστερη προς τον πυρήνα) υπάρχουν το πολύ 2 ηλεκτρόνια, στη δεύτερη 8, στη τρίτη 18, στην τέταρτη 32 κ.λ.π. Γενικά ο μέγιστος αριθμός των ηλεκτρονίων, τα οποία μπορούν να υπάρχουν σε μια στοιβάδα δίνεται από τη σχέση  $N = 2n^2$ , όπου  $n = 1, 2, 3, \dots$ . Η τελευταία όμως στοιβάδα δεν μπορεί να έχει περισσότερα από 8 ηλεκτρόνια, ενώ η προτελευταία περισσότερα από 18. Τα ηλεκτρόνια που βρίσκονται στην τελευταία (εξωτερική) στοιβάδα ονομάζονται ηλεκτρόνια σθένους. Τα ηλεκτρόνια σθένους είναι αυτά που συμμετέχουν στο σχηματισμό χημικών ενώσεων και στα οποία οφείλονται οι χημικές ιδιότητες των στοιχείων.

Όταν ένα ηλεκτρόνιο σθένους αποσπασθεί από ένα άτομο προκύπτει ένα θετικό ιόν. Η ενέργεια που πρέπει να δοθεί σ' ένα ηλεκτρόνιο σθένους για να αποσπασθεί από το άτομο ονομάζεται ενέργεια ιονισμού. Η ενέργεια ιονισμού για να αποσπασθεί από ένα θετικό ιόν δεύτερο ηλεκτρόνιο είναι μεγαλύτερη από την ενέργεια ιονισμού που χρειάστηκε για να αποσπασθεί το πρώτο ηλεκτρόνιο. Η απόσπαση και τρίτου ηλεκτρονίου είναι πολύ δυσκολότερη.

Εκτός από τα θετικά ιόντα υπάρχουν και τα αρνητικά ιόντα, που σχηματίζονται όταν ένα άτομο προσλάβει ένα επί πλέον ηλεκτρόνιο.

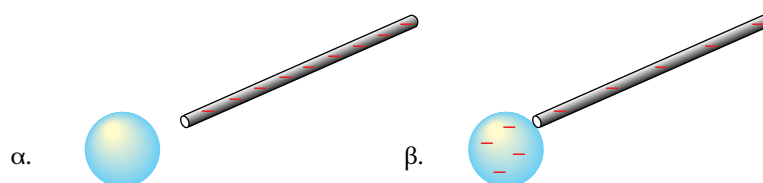
Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την ερμηνεία των ηλεκτρικών φαινομένων παρουσιάζει η δομή των μετάλλων. Τα μέταλλα αποτελούνται από θετικά ιόντα που ισαπέχουν. Τα ηλεκτρόνια που έχουν διαφύγει από τα άτομα των μετάλλων κινούνται με τυχαίο τρόπο μέσα στη μάζα του μετάλλου και ονομάζονται ελεύθερα ηλεκτρόνια.

### 1-1.4. Φόρτιση ενός σώματος

Ένα σώμα που δεν φέρει φορτίο μπορεί να φορτιστεί με τρεις τρόπους.

α) Με *τριβή*. Όπως είδη έχει αναφερθεί στην παράγραφο 1-1.1., όταν π.χ. ο εβονίτης τρίβεται σε μάλλινο ύφασμα αποκτά φορτίο.

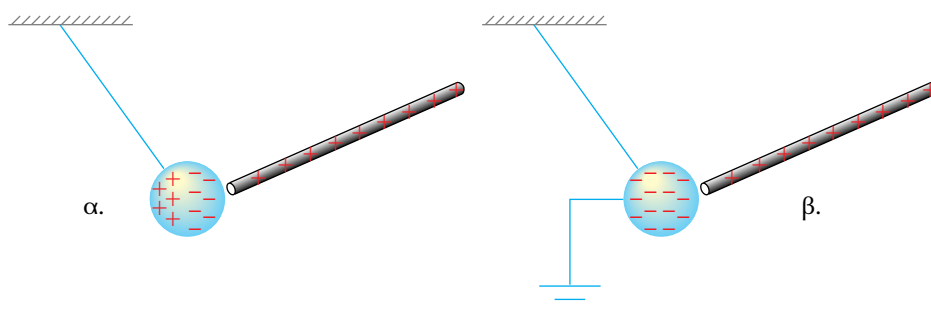
β) Με *επαφή* με ήδη φορτισμένο σώμα, όπως φαίνεται στο σχήμα 1-3, όταν η αφόρτιστη σφαίρα έλθει σ' επαφή με τη φορτισμένη ράβδο αποκτά φορτίο ομόσημο με αυτό που φέρει η ράβδος.



**Σχήμα 1-3.** Φόρτιση σώματος με επαφή

γ) Με *επαγωγή*. Όπως φαίνεται στο σχήμα 1-4. (α), στην κρεμασμένη αφόρτιστη σφαίρα επάγεται φορτίο όταν πλησιάσει τη φορτισμένη ράβδο. Το συνολικό φορτίο που φέρει η σφαίρα παραμένει μηδέν, αλλά έχουν διαχωριστεί τα θετικά από τα αρνητικά φορτία, δηλαδή τα ελεύθερα ηλεκτρόνια πλησιάζουν τη θετικά φορτισμένη ράβδο, έτσι στην αντιδιαμετρική περιοχή της σφαίρας εμφανίζεται περίσσεια θετικού φορτίου.

Επίσης επειδή το αρνητικό φορτίο βρίσκεται πλησιέστερα στη ράβδο, η σφαίρα έλκεται από τη ράβδο. Αν η σφαίρα συνδεθεί με τη γη μέσω ενός σύρματος (γειωθεί), τότε ηλεκτρόνια έρχονται προς αυτήν από τη γη, με αποτέλεσμα να αποκτά αρνητικό φορτίο.



**Σχήμα 1-4.** Φόρτιση σώματος με επαφή

### 1-1.5. Το ηλεκτρικό πεδίο

Έχει παρατηρηθεί πως σε κάθε σημείο του χώρου στο οποίο βρίσκεται κάποιο φορτίο η φορτία, αν τοποθετηθεί κάποιο άλλο φορτίο, τότε στο νέο φορτίο ασκείται δύναμη. Υπάρχουν περιοχές του χώρου που έχουν την ιδιότητα να ασκούν δύναμη σε κάθε φορτίο που φέρεται σε κάποιο σημείο τους, οι περιοχές **ονομάζονται ηλεκτρικά πεδία**. Γενικά:

□ Ηλεκτρικό πεδίο ονομάζεται η περιοχή του χώρου εφόσον ασκείται δύναμη σε ηλεκτρικά φορτία, τα οποία βρίσκονται σε οποιοδήποτε σημείο της.

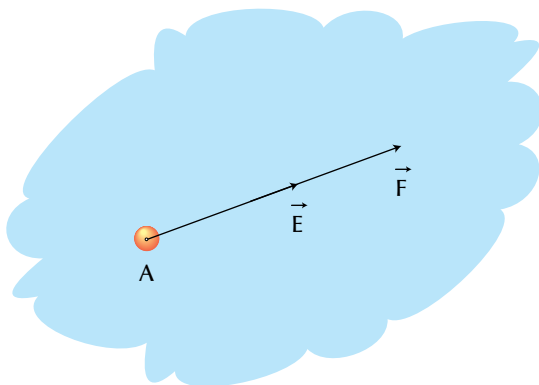
### 1-1.6. Ένταση ηλεκτρικού πεδίου

Για να περιγραφεί πόσο ισχυρό είναι ένα ηλεκτρικό πεδίο, χρησιμοποιείται η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου.

□ Ένταση ηλεκτρικού πεδίου σε σημείο Α ονομάζεται το σταθερό πηλίκο της δύναμης  $\vec{F}$ , που ασκείται σε θετικό σημειακό μικρό φορτίο που φέρεται στο σημείο Α, προς το φορτίο.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{+q}$$

(1.3)



**Σχήμα 1-5.** Ένταση ηλεκτρικού πεδίου σε σημείο Α του πεδίου

Η μονάδα της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σύστημα S.I είναι το  $1 \frac{N}{C}$ .

Ως μονάδα έντασης ηλεκτρικού πεδίου χρησιμοποιείται και το  $1 \frac{V}{m}$ , που είναι

ίσο με το  $1 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ .

Όταν είναι γνωστή η ένταση σ' ένα σημείο A ηλεκτρικού πεδίου, τότε μπορούν να προσδιορισθούν τα χαρακτηριστικά της δύναμης  $\vec{F}$  που ασκείται σε φορτίο q, που τοποθετείται στο σημείο A. Όπως προκύπτει από τον ορισμό της έντασης, η δύναμη  $\vec{F}$  έχει την ίδια διεύθυνση με την ένταση  $\vec{E}$ . Φορά ομόρροπη προς τη φορά  $\vec{E}$  αν το q είναι θετικό, ενώ η φορά είναι αντίρροπη προς τη φορά της  $\vec{E}$  αν το q είναι αρνητικό. Το μέτρο της  $\vec{F}$  δίνεται από τη σχέση:

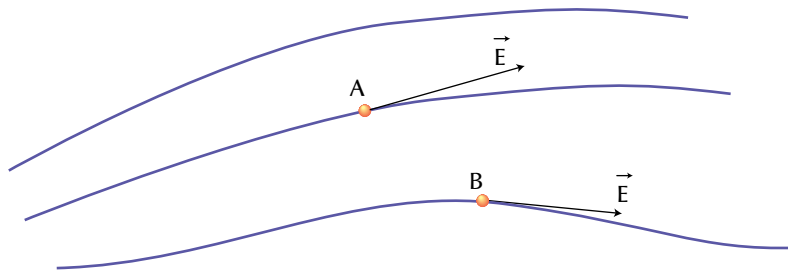
$$\vec{F} = E \cdot q \quad (1.4)$$

### 1-1.7. Δυναμικές γραμμές ηλεκτρικού πεδίου

Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου περιγράφει ένα ηλεκτρικό πεδίο με μαθηματικό τρόπο. Ορισμένες φορές όμως είναι επιθυμητό να υπάρχει μια οπτική αναπαράσταση ενός ηλεκτρικού πεδίου. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση των δυναμικών γραμμών.

□ Δυναμική γραμμή ηλεκτρικού πεδίου ονομάζεται η γραμμή που σε κάθε σημείο της η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου είναι εφαπτομένη.

Όπως είναι φανερό από τον ορισμό, οι δυναμικές γραμμές δίνουν πληροφορίες για τη διεύθυνση και τη φορά της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου και προσεγγιστικά για το μέτρο της. Στις περιοχές που η πυκνότητά τους είναι μεγάλη το ηλεκτρικό πεδίο είναι ισχυρό, ενώ στις περιοχές που η πυκνότητά τους είναι μικρή το πεδίο είναι ασθενές.

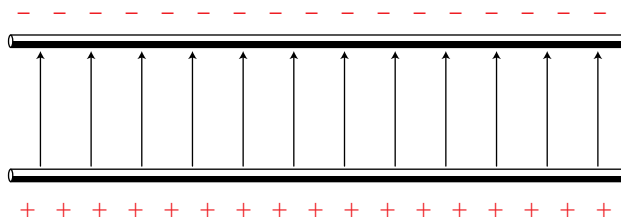


Σχήμα 1-6. Δυναμικές γραμμές ηλεκτρικού πεδίου



### 1-1.8. Ομογενές ηλεκτρικό πεδίο

□ Ομογενές ηλεκτρικό πεδίο ονομάζεται το ηλεκτρικό πεδίο που η ένταση του σε κάθε σημείο είναι σταθερή (κατά μέτρο, διεύθυνση και φορά).



Σχήμα 1-7. Ομογενές ηλεκτρικό πεδίο

Πρακτικά ομογενές ηλεκτρικό πεδίο δημιουργείται ανάμεσα σε δύο παράλληλες επίπεδες μεταλλικές πλάκες που φέρουν ίσο κατά μέτρο φορτίο αλλά με αντίθετο πρόσημο και που η απόστασή τους είναι πολύ μικρή. Οι δυναμικές γραμμές ενός ομογενούς πεδίου είναι παράλληλες και ισαπέχουν

### 1-1.9. Δυναμικό ηλεκτρικού πεδίου

Όταν ένα φορτίο τοποθετηθεί σε ένα σημείο Α ηλεκτρικού πεδίου αποκτά δυναμική ενέργεια.

□ Δυναμικό ενός σημείου Α ηλεκτρικού πεδίου ονομάζεται το σταθερό πηλίκο της δυναμικής ενέργειας που αποκτά ένα θετικό σημειακό φορτίο που φέρεται στο σημείο Α διά του φορτίου.

$$V_A = \frac{E_A}{+q} \quad (1.5)$$

Κάθε ηλεκτρικό φορτίο που βρίσκεται μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο αποκτά δυναμική ενέργεια. Το μέγεθος της δυναμικής ενέργειας που αποκτά το φορτίο –που φέρεται σε ένα σημείο ηλεκτρικού πεδίου– καθορίζεται από το δυναμικό που υπάρχει στο συγκεκριμένο σημείο.

Η δυναμική ενέργεια σημειακού φορτίου, που βρίσκεται σε σημείο Α ηλεκτρικού πεδίου δίνεται από τη σχέση:

$$E_{\Delta(A)} = V_A q \quad (1.6)$$

Το δυναμικό ορίζεται και ισοδύναμα ως:

□ Δυναμικό σε σημείο A ηλεκτρικού πεδίου ονομάζεται το σταθερό πηλίκο του έργου που παράγεται ή καταναλώνεται από τη δύναμη του ηλεκτρικού πεδίου για τη μετατόπιση θετικού σημειακού φορτίου από το σημείο A στο άπειρο δια του φορτίου.

$$V_A = \frac{W_{A \rightarrow \infty}}{+q} \quad (1.7)$$

Ο ορισμός αυτός του δυναμικού βοηθά στον εύκολο υπολογισμό του έργου της δύναμης, που ασκεί το πεδίο στο φορτίο, το οποίο μετατοπίζεται από το σημείο αυτό στο άπειρο, δηλαδή σε θέση που η ένταση του πεδίου είναι ασήμαντη. Η τιμή του έργου δίνεται από τη σχέση:

$$W_{A \rightarrow \infty} = V_A q \quad (1.8)$$

Πρέπει να σημειωθεί πως το δυναμικό είναι θετικό ή αρνητικό. Θετικό δυναμικό σημαίνει δυναμικό μεγαλύτερο από το δυναμικό στο άπειρο, ενώ αρνητικό σημαίνει δυναμικό μικρότερο από το δυναμικό στο άπειρο. Το δυναμικό στο άπειρο θεωρείται μηδέν.

Ως μονάδα δυναμικού στο S.I χρησιμοποιείται το 1Volt.  $\left(1V = 1 \frac{J}{Cb}\right)$

### 1-1.10. Διαφορά δυναμικού (τάση)

Όταν ένα φορτίο μετατοπίζεται από ένα σημείο A σε άλλο σημείο B ηλεκτρικού πεδίου μεταβάλλεται η δυναμική του ενέργεια.

□ Ονομάζεται διαφορά δυναμικού δύο σημείων A και B ηλεκτρικού πεδίου, το σταθερό πηλίκο της μεταβολής της δυναμικής ενέργειας θετικού σημειακού φορτίου που μετατοπίζεται από το σημείο A στο σημείο B, δια του φορτίου αυτού.

$$V_{AB} = \frac{E_{\Delta(A)} - E_{\Delta(B)}}{+q} \quad (1.9)$$

Όταν είναι γνωστή η διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σημείων A και B, η μεταβολή της δυναμικής ενέργειας φορτίου, που μετατοπίζεται από το A στο B υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\Delta E_{\Delta} = V_{AB}q \quad (1.10)$$

Η μεταβολή της δυναμικής ενέργειας μπορεί να είναι θετική ή αρνητική. Αν είναι θετική, σημαίνει πως η δυναμική ενέργεια του q στο A είναι μεγαλύτερη από την δυναμική ενέργεια στο B και τότε η κίνηση του q από το A στο B γίνεται αυθόρμητα. Αντίθετα αν η μεταβολή της δυναμικής ενέργειας είναι αρνητική, η δυναμική ενέργεια του q στο A είναι μικρότερη από αυτή στο B και επομένως πρέπει να δοθεί ενέργεια στο φορτίο, ώστε να κινηθεί από το A στο B.

Ισοδύναμος είναι και ο ορισμός:

□ Διαφορά δυναμικού δύο σημείων A και B ηλεκτρικού πεδίου, ονομάζεται το σταθερό πηλίκο του έργου που παράγεται ή καταναλίσκεται από τη δύναμη του πεδίου κατά τη μετατόπιση θετικού σημειακού ηλεκτρικού φορτίου από το A στο B, δια του φορτίου.

$$V_{AB} = \frac{W_{A \rightarrow B}}{+q} \quad (1.11)$$

Αυτός ο ορισμός χρησιμεύει στον εύκολο υπολογισμό του έργου της δύναμης του πεδίου, όταν φορτίο q μετατοπίζεται από το A στο B, από τη σχέση:

$$W_{A \rightarrow B} = V_{AB}q \quad (1.12)$$

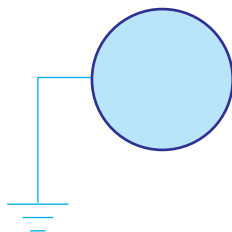
Αν η τιμή του έργου είναι θετική, τότε σημαίνει πως η δύναμη που ασκεί το πεδίο στο φορτίο παράγει έργο και η μετατόπιση του q από το A στο B, γίνεται αυθόρμητα, ενώ όταν το έργο είναι αρνητικό η δύναμη καταναλίσκει ενέργεια και επομένως, πρέπει να δοθεί ενέργεια στο φορτίο q, για να κινηθεί από το A στο B.

Η μονάδα διαφοράς δυναμικού στο S.I είναι το 1V.

### 1-1.11. Γείωση

Το δυναμικό της Γης από σύμβαση θεωρείται μηδέν. Κάθε αγωγός που συνδέεται αγωγίμα με τη Γη, αποκτά το ίδιο δυναμικό με τη Γη δηλ. μηδέν. Η αγωγή σύνδεση ενός αγωγού με τη Γη ονομάζεται *γείωση* και ο αγωγός *γειωμέ-*

νος. Στο σχήμα 1.8. φαίνεται ένας σφαιρικός αγωγός γειωμένος.



**Σχήμα 1.8.** Γειωμένος αγωγός

## 1 – 2. Στοιχεία δυναμικού ηλεκτρισμού

### 1-2.1. Ηλεκτρικό ρεύμα

Όπως έχει αναφερθεί ένας μεταλλικός αγωγός αποτελείται από τα ιόντα του μετάλλου που απέχουν σταθερή απόσταση το ένα από το άλλο και δημιουργούν το πλέγμα και τα ελεύθερα ηλεκτρόνια, που έχουν αποσπαστεί από τα άτομα του μετάλλου και κινούνται μέσα στη μάζα του μετάλλου ατάκτως. Ομοίως στα διαλύματα ηλεκτρολυτών (διαλύματα οξέων, βάσεων, αλάτων) υπάρχουν θετικά και αρνητικά ιόντα που μπορούν να κινούνται ελεύθερα. Τα ιόντα αυτά, όπως και τα ελεύθερα ηλεκτρόνια, όταν δεν υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο κινούνται ατάκτως και επίσης στα αέρια –κάτω από ορισμένες συνθήκες– ορισμένος αριθμός μορίων διασπάται σε θετικά ιόντα και ελεύθερα ηλεκτρόνια.

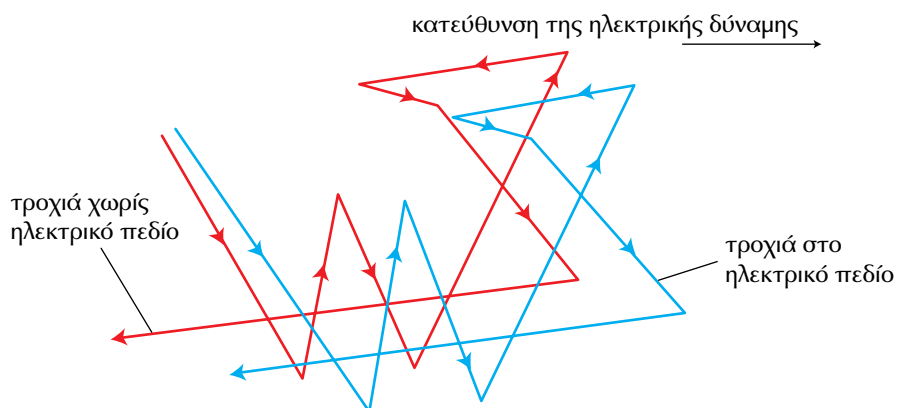
□ Τα ηλεκτρικά φορτία που μπορούν να κινηθούν ονομάζονται **ηλεκτρικοί φορείς ή απλά φορείς**.

Όταν οι ηλεκτρικοί φορείς βρεθούν μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο κινούνται κατά μια διεύθυνση.

□ Η κίνηση των ηλεκτρικών φορέων κατά μια διεύθυνση ονομάζεται **ηλεκτρικό ρεύμα**.

Πρέπει να σημειωθεί, ότι η κίνηση των ελευθέρων ηλεκτρονίων στους μεταλλικούς αγωγούς κατά μια διεύθυνση, όταν αυτοί διαρρέονται από ρεύμα,

δεν είναι ευθύγραμμη, η μέση ταχύτητά τους εξαρτάται από την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου. Γενικά όμως είναι πολύ μικρή και η τάξη μεγέθους της είναι μερικά mm/s.



**Σχήμα 1.9.** Κίνηση ελευθέρων ηλεκτρονίων σε αγωγό. α) χωρίς ηλεκτρικό πεδίο, β) με ηλεκτρικό πεδίο καθ' όλη τη χρονική διάρκεια

□ Αν η κίνηση των ηλεκτρικών φορέων έχει σταθερή φορά τότε το ρεύμα ονομάζεται συνεχές, ενώ αν η φορά μεταβάλλεται με το χρόνο το ρεύμα ονομάζεται εναλλασσόμενο

### 1-2.2. Ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος

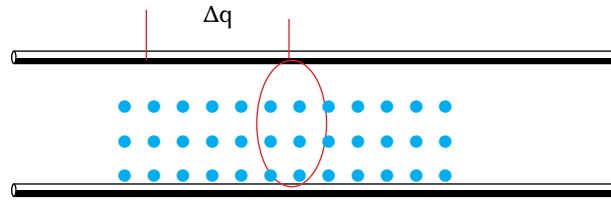
Η ροή των ηλεκτρικών φορέων σ' ένα αγωγό άλλοτε είναι έντονη άλλοτε λιγότερο έντονη άλλοτε αργή. Το φυσικό μέγεθος που εκφράζει το πόσο έντονη είναι η ροή των ηλεκτρικών φορέων σ' ένα αγωγό είναι η **ένταση ρεύματος**. Στην περίπτωση που αυτή η ροή είναι σταθερή.

□ Η ένταση του ρεύματος ορίζεται ως το σταθερό πηλίκο του φορτίου  $q$  που περνάει από μια διατομή του αγωγού σε χρόνο  $t$  προς τον χρόνο  $t$ .

$$I = \frac{q}{t}$$

(1.13)

Επισημαίνεται πως η ένταση του ρεύματος είναι μονόμετρο μέγεθος δηλ. έχει μόνο μέτρο και όχι διεύθυνση και φορά. Η φορά του ρεύματος που βάζου-



**Σχήμα 1.10.** Ορισμός της έντασης ρεύματος

με στα κυκλώματα αντιστοιχεί στη φορά ενός άλλου μεγέθους της *πυκνότητας ρεύματος* που είναι διανυσματικό μέγεθος. Η φορά του ρεύματος που χρησιμοποιείται στα διάφορα κυκλώματα συμπίπτει με τη φορά κίνησης των ηλεκτρικών φορέων μόνο όταν αυτοί φέρουν θετικό φορτίο. Όταν οι ηλεκτρικοί φορείς φέρουν αρνητικό φορτίο τότε η φορά του ρεύματος είναι αντίθετη από την κίνηση των φορέων και ονομάζεται *συμβατική φορά*.

Η μονάδα έντασης ρεύματος στο S.I είναι το 1 Ampere (1A). Το 1A είναι θεμελιώδες μέγεθος.

Όπως ήδη έχει επισημανθεί το Coulomb δεν ορίζεται από τον ομώνυμο νόμο αλλά από το Ampere ως εξής:

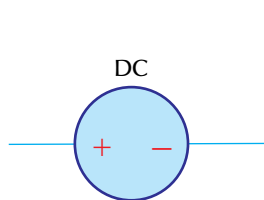
$$1 \text{ Coulomb} = 1 \frac{\text{A}}{\text{s}}$$

### 1-2.3. Ηλεκτρικές πηγές

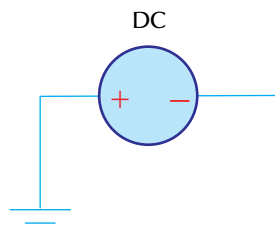
Για να υπάρχει σ' ένα αγωγό ηλεκτρικό ρεύμα πρέπει στα άκρα του αγωγού να υπάρχει διαφορά δυναμικού. Οι διατάξεις που χρησιμοποιούνται για να δημιουργούνται διαφορές δυναμικού ονομάζονται *ηλεκτρικές πηγές*.

Όταν θέλουμε να έχουμε συνεχές ρεύμα σταθερής έντασης χρησιμοποιούμε πηγές που δίνουν σταθερή τάση δηλ. τάση σταθερού μέτρου και σταθερής πολικότητας. Αυτές οι πηγές ονομάζονται *πηγές συνεχούς ρεύματος* ή *πηγές συνεχούς τάσης*. Οι ακροδέκτες μιας πηγής ονομάζονται *πόλοι*. Στις πηγές συνεχούς ρεύματος, οι πόλοι διακρίνονται στο *θετικό* και τον *αρνητικό* πόλο.

Ο θετικός πόλος έχει πάντοτε μεγαλύτερο δυναμικό από τον αρνητικό πόλο αλλά παρ' ότι φέρει το όνομα θετικός μπορεί σε κάποιο κύκλωμα το δυναμικό του να είναι μηδέν ή ακόμα αρνητικό. Ο θετικός πόλος της πηγής στο σχήμα 1-12 έχει δυναμικό μηδέν.



**Σχήμα 1.11.** Ηλεκτρική πηγή συνεχούς ρεύματος



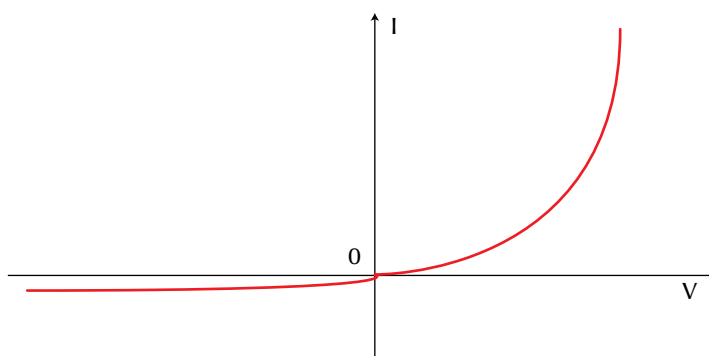
**Σχήμα 1.12.** Ο θετικός πόλος έχει δυναμικό μηδέν

Το ηλεκτρικό ρεύμα μεταφέρει ενέργεια, που ονομάζεται ηλεκτρική ενέργεια.

Οι ηλεκτρικές πηγές είναι διατάξεις, μετατρέπουν ενέργεια κάποιας μορφής σε ηλεκτρική ενέργεια. Για παράδειγμα, οι συσσωρευτές μετατρέπουν χημική ενέργεια σε ηλεκτρική. Τα ηλιακά ή φωτοβολταϊκά στοιχεία μετατρέπουν φωτεινή ενέργεια σε ηλεκτρική. Τα θερμοζεύγη μετατρέπουν θερμική ενέργεια σε ηλεκτρική.

#### 1-2.4. Ηλεκτρικό δίπολο

Κάθε διάταξη, που έχει δύο ακροδέκτες ονομάζεται ηλεκτρικό δίπολο. Η συμπεριφορά ενός ηλεκτρικού δίπολου στο ηλεκτρικό ρεύμα περιγράφεται με ένα διάγραμμα της έντασης του ρεύματος που το διαρρέει, σε συνάρτηση με την τάση που υπάρχει στους ακροδέκτες του. Το διάγραμμα αυτό ονομάζεται χαρακτηριστική του διπόλου. Στο σχήμα 1-13 φαίνεται η χαρακτηριστική μιας κρυσταλλοδιόδου.



**Σχήμα 1.13.** Χαρακτηριστική καμπύλη κρυσταλλοδιόδου

### 1-2.5. Αντίσταση διπόλου

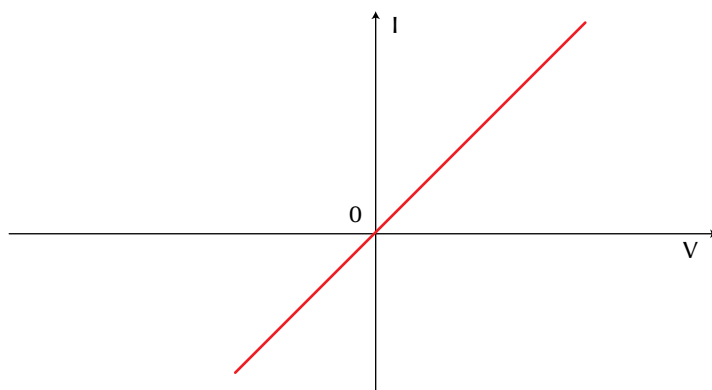
□ Αντίσταση ενός δίπολου ονομάζεται το πηλίκο της τάσης, που υπάρχει στους ακροδέκτες του δίπολου προς την ένταση του ρεύματος, που διαρρέει το δίπολο.

$$R = \frac{V}{I} \quad (1.14)$$

Γενικά η αντίσταση ενός δίπολου είναι συνάρτηση της τάσης του. Στην περίπτωση αυτή η χαρακτηριστική είναι μια καμπύλη, ενώ όταν η αντίσταση είναι ανεξάρτητη από την τάση, η χαρακτηριστική είναι ευθεία γραμμή.

□ Τα δίπολα, που έχουν αντίσταση ανεξάρτητη από τη τάση τους ονομάζονται αντιστάτες.

Στο σχήμα 1-14 φαίνεται η χαρακτηριστική ενός αντιστάτη.



Σχήμα 1.14. Χαρακτηριστική αντίσταση

Η μονάδα αντίστασης στο S.I είναι το ένα Ωμ ( $1\Omega$ ). Το Ωμ ορίζεται από τη σχέση:  $1\Omega = 1 \frac{V}{A}$

### 1-2.6. Αγωγιμότητα

Η αντίσταση ενός δίπολου εκφράζει, το πόσο δύσκολα κινούνται οι ηλεκτρικοί φορείς μέσα στο δίπολο. Αντίθετα η ευκολία με την οποία κινούνται μέσα στο δίπολο οι ηλεκτρικοί φορείς, εκφράζεται από την αγωγιμότητα.



□ Η αγωγιμότητα ενός δίπολου είναι ίση με το αντίστροφο της αντίστασης του.

$$G = \frac{1}{R} = \frac{I}{V} \quad (1.15)$$

Η μονάδα αγωγιμότητας στο S.I είναι το  $\Omega^{-1}$ .

### 1-2.7. Ειδική αντίσταση

Η αντίσταση ενός αντιστάτη εξαρτάται από τις γεωμετρικές του διαστάσεις και το είδος του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένος, αν δηλαδή είναι από σίδηρο, χαλκό ή οποιοδήποτε άλλο υλικό. Όταν ο αντιστάτης έχει σταθερή διατομή  $S$ , και μήκος  $l$  τότε η αντίστασή του δίνεται από τη σχέση:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1.16)$$

το μέγεθος  $\rho$  ονομάζεται *ειδική αντίσταση*. Η ειδική αντίσταση είναι χαρακτηριστικό του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένος ο αντιστάτης.

Η μονάδα ειδικής αντίστασης στο S.I είναι το  $1\Omega m$ .

### 1-2.8. Ειδική αγωγιμότητα

Όπως η αγωγιμότητα  $G$  ορίζεται ως το αντίστροφο της αντίστασης, έτσι και η ειδική αγωγιμότητα  $\rho$ , ορίζεται ως το αντίστροφο της ειδικής αντίστασης.

$$g = \frac{1}{\rho} \quad (1.17)$$

Η μονάδα της ειδικής αγωγιμότητας στο S.I είναι το  $1\Omega^{-1}m^{-1}$ .

### 1-2.9. Θερμικός συντελεστής αντιστάσεως

Η ειδική αντίσταση  $\rho$  εξαρτάται από τη θερμοκρασία και δίνεται από τη σχέση:

$$\rho_\theta = \rho_0 (1 + \alpha\theta) \quad (1.18)$$

όπου  $\rho_\theta$  η ειδική αντίσταση στους  $\theta$  βαθμούς Κελσίου,  $\rho_0$  η ειδική αντίσταση στους μηδέν βαθμούς Κελσίου,  $\alpha$  ένας συντελεστής που ονομάζεται θερμικός συντελεστής αντιστάσεως και εξαρτάται από τη φύση του υλικού.

Αν θεωρηθεί ότι οι διαστάσεις του αγωγού μεταβάλλονται ελάχιστα με την θερμοκρασία, τότε η μεταβολή της αντίστασης του αγωγού ως συνάρτηση της θερμοκρασίας δίνεται από τη σχέση:

$$R_\theta = R_0 (1 + \alpha\theta) \quad (1.19)$$

όπου  $R_\theta$  η αντίσταση του αγωγού στους  $\theta$  βαθμούς Κελσίου και  $R_0$  η αντίσταση του αγωγού στους μηδέν βαθμούς Κελσίου.

Ο θερμικός συντελεστής αντιστάσεως μπορεί να είναι θετικός αριθμός, αρνητικός ή μηδέν. Όταν είναι θετικός η αντίσταση του αγωγού αυξάνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία, όπως στα μέταλλα.

Όταν είναι αρνητικός η αντίσταση του μειώνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία όπως στον άνθρακα, τους ηλεκτρολύτες και τους ημιαγωγούς.

Όταν είναι μηδέν η αντίσταση παραμένει σταθερή σε κάθε μεταβολή της θερμοκρασίας, όπως σε ειδικά κράματα (κονσταντίνη, μαγγανίνη). Η μονάδα μέτρησης του θερμικού συντελεστού αντιστάσεως είναι το  $1\text{grad}^{-1}$ .

### 1-2.10. Αγωγοί

Τα υλικά που επιτρέπουν την εύκολη κίνηση των ηλεκτρικών φορέων, όταν διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα ονομάζονται *καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού* ή απλώς *αγωγοί*.

Οι αγωγοί παρουσιάζουν πολύ μικρή ειδική αντίσταση. Αγωγοί είναι κυρίως τα μέταλλα.

### 1-2.11. Μονωτές

Σε αντίθεση με τους αγωγούς, οι *μονωτές* είναι υλικά στα οποία η κίνηση των ηλεκτρικών φορέων είναι πολύ δυσχερής. Οι μονωτές παρουσιάζουν πολύ μεγάλη ειδική αντίσταση, γιατί δεν υπάρχουν ελεύθεροι φορείς στη μάζα τους, αφού το σύνολο σχεδόν των ηλεκτρονίων των ατόμων τους είναι δέσμια.

Παρόλα αυτά ένας ελαχιστότατος αριθμός ηλεκτρονίων μπορεί να αποσπαστούν και σ' αυτά οφείλεται η ελάχιστη ειδική αγωγιμότητα που παρουσιάζουν οι μονωτές. Συνήθεις μονωτές είναι τα πλαστικά, το ξύλο, το χαρτί κ.α.

### 1-2.12. Ημιαγωγοί

Οι ημιαγωγοί είναι υλικά, που παρουσιάζουν σχετικά μεγάλες τιμές ειδικής αντίστασης, η οποία μειώνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία. Οι ημιαγωγοί είναι τετρασθενή στοιχεία.

Οι περισσότεροι γνωστοί ημιαγωγοί είναι το Γερμάνιο και το Πυρίτιο. Η αγωγιμότητα των ημιαγωγών αυξάνεται σημαντικά όταν σ' αυτούς προστεθούν προσμίξεις τρισθενών ή πεντασθενών στοιχείων. Τα περισσότερα ηλεκτρονικά εξαρτήματα είναι φτιαγμένα από ημιαγωγούς προσμίξεων.

### 1-2.13. Ενέργεια και ισχύς του ηλεκτρικού ρεύματος

Η μεγάλη χρησιμότητα του ηλεκτρικού ρεύματος οφείλεται στο ότι με αυτό είναι πολύ εύκολη η μεταφορά ενέργειας από τον τόπο παραγωγής της στην κατανάλωση.

Ο ρυθμός με τον οποίο παράγεται ή καταναλίσκεται η ενέργεια εκφράζεται από την *Ισχύ*.

Αυστηρότερα,

□ όταν η ισχύς είναι σταθερή ορίζεται ως το πηλίκο της ενέργειας  $W$ , που παράγεται ή καταναλώνεται σε χρόνο  $t$ , προς τον χρόνο  $t$ .

$$P = \frac{W}{t} \quad (1.20)$$

Η μονάδα ισχύος στο S.I είναι το 1Watt, που ορίζεται ως:  $1W = 1 \frac{J}{s}$ .

Στην πράξη ως μονάδα καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται η 1Wh, που είναι ίση με την ενέργεια, που καταναλίσκεται ή παράγεται με ισχύ 1W σε μια ώρα.

### 1-2.14. Συντελεστές απόδοσης

Ο άνθρωπος για να βελτιώσει τις συνθήκες διαβίωσης του χρησιμοποιεί διατάξεις, που του παρέχουν ενέργεια σε χρήσιμη μορφή. Η ενέργεια που παρέχουν αυτές οι διατάξεις ονομάζεται *ωφέλιμη ενέργεια*, η δε αντίστοιχη ισχύς ονομάζεται *ωφέλιμη ισχύς*.

Κάθε διάταξη για να λειτουργήσει χρειάζεται ενέργεια, η ενέργεια αυτή ονομάζεται *καταναλισκόμενη ενέργεια*, η δε αντίστοιχη ισχύς *καταναλισκόμενη ισχύς*.

□ Συντελεστής απόδοσης μιας διάταξης, ονομάζεται το πηλίκο της ωφέλιμης ισχύος, που παρέχει η διάταξη, προς την ισχύ που καταναλίσκει για να λειτουργήσει.

$$\alpha = \frac{P_{\omega\phi}}{P_{\kappa\alpha\tau}} \quad (1.21)$$

Ο συντελεστής απόδοσης είναι καθαρός αριθμός και εκφράζει τι μέρος της ισχύος που χρησιμοποιεί μια μηχανή για να λειτουργήσει, μετατρέπεται σε ωφέλιμη ισχύ. Ο συντελεστής απόδοσης, όπως άμεσα προκύπτει από την αρχή διατήρησης της ενέργειας, είναι μικρότερος της μονάδας.

Συχνά αντί των όρων καταναλισκόμενη ισχύς και ωφέλιμη ισχύς, χρησιμοποιούνται αντίστοιχα οι όροι *ισχύς εισόδου* και *ισχύς εξόδου*, οπότε ο συντελεστής απόδοσης γράφεται:

$$\alpha = \frac{P_o}{P_i} \quad (1.22)$$

### 1-3. Εφαρμογές

#### Εφαρμογή 1η

Δύο σφαιρίδια φέρουν το ίδιο φορτίο  $q$  και βρίσκονται σε απόσταση  $r=2\text{m}$ . Τα σφαιρίδια απωθούνται με δύναμη  $F=360\text{N}$ . Να υπολογισθεί το φορτίο  $q$ , που φέρει κάθε σφαιρίδιο.

$$\text{Δίνεται } K_{\eta\lambda} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}.$$

**Λύση**

$$F = K_{\eta\lambda} \frac{q^2}{r^2} \Rightarrow Fr^2 = K_{\eta\lambda} q^2 \Rightarrow q^2 = \frac{F}{K_{\eta\lambda}} r^2 \Rightarrow q = \sqrt{\frac{F}{K_{\eta\lambda}} \cdot r} \Rightarrow$$

$$q = \sqrt{\frac{360\text{N}}{9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}}} 2\text{m} = \sqrt{40 \cdot 10^{-9}} \cdot 2\text{C} = 4 \cdot 10^{-4} \text{C} = 400 \mu\text{C}.$$

### Εφαρμογή 2η

Σε σημείο Α, η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου έχει μέτρο  $E = 3 \frac{\text{V}}{\text{m}}$ . Στο Α φέρεται φορτίο  $q = -0,3 \text{ mC}$ .

- α) Να υπολογισθεί το μέτρο της δύναμης  $\vec{F}$ , που ασκείται στο  $q$ .
- β) Η δύναμη  $\vec{F}$  και η ένταση του πεδίου  $\vec{E}$  έχουν την ίδια ή αντίθετη φορά;

#### Λύση

α)  $F = Eq \Rightarrow F = 3 \frac{\text{V}}{\text{m}} 0,3 \text{ mC} = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ N}.$

- β) Η δύναμη  $\vec{F}$  και η ένταση του πεδίου  $\vec{E}$  έχουν αντίθετη φορά γιατί το φορτίο  $q$  είναι αρνητικό.

### Εφαρμογή 3η

Το δυναμικό ενός ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Α είναι  $V_A = -3 \text{ V}$ . Πόση είναι η δυναμική ενέργεια ηλεκτρικού φορτίου  $q = 2 \mu\text{C}$ , που βρίσκεται στο Α;

#### Λύση

$$E_{\Delta(A)} = V_A q \Rightarrow E_{\Delta(A)} = (-3) \text{ V } 2 \mu\text{C} = -5 \mu\text{J}.$$

Η αρνητική τιμή που έχει η δυναμική ενέργεια σημαίνει, πως στο σημείο Α το φορτίο  $q$  έχει δυναμική ενέργεια κατά  $5 \mu\text{J}$  μικρότερη από αυτή, την οποία θα είχε αν βρισκόταν στο άπειρο.

### Εφαρμογή 4η

Η διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σημείων Α και Β ηλεκτρικού πεδίου είναι  $V_{AB} = 15 \text{ V}$ . Ένα φορτίο  $q = -400 \mu\text{C}$  μετατοπίζεται από το Α στο Β.

- α) Ποιό είναι το έργο της δύναμης του πεδίου;  
 β) Για να πραγματοποιηθεί η μετατόπιση του  $q$  απαιτείται να του προσφερθεί ενέργεια; Αν ναι πόση;

### Λύση

- α)  $W_{A \rightarrow B} = V_{AB}q \Rightarrow W_{A \rightarrow B} = 15V (-400) \mu C = -6000 \mu J = -6 mJ$   
 β) Αφού το έργο της δύναμης του πεδίου είναι αρνητικό, πρέπει στο φορτίο  $q$  να προσφερθεί ενέργεια  $6 mJ$ .

### Εφαρμογή 5η

Αγωγός διαρρέεται από ρεύμα  $3,2A$ . Πόσα ηλεκτρόνια περνάνε από μία διατομή του αγωγού σε χρόνο  $5 min$ ;

Δίνεται το φορτίο του ηλεκτρονίου  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} C$ .

### Λύση

Αρχικά πρέπει να μετατραπεί ο χρόνος  $t=5min$  σε seconds.

$$t = 5 \text{ min} = 5 \text{ min} \times 60 \frac{s}{\text{min}} = 300 s .$$

Η σχέση  $I = \frac{q}{t}$  λύνεται ως προς  $q$ .  $q = I \cdot t$  (1)

Αν το φορτίο  $q$  αποτελείται από  $n$  ηλεκτρόνια, τότε θα είναι:

$$q = n |e| \quad (2)$$

Από τις σχέσεις (1) και (2) έπεται:

$$n|e| = It \Rightarrow n = \frac{It}{|e|} \Rightarrow n = \frac{3,2A \cdot 300s}{1,6 \cdot 10^{-19}C} = 6 \cdot 10^{21} \text{ ηλεκτρόνια.}$$

### Εφαρμογή 6η

Ηλεκτρικό δίπολο διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I_1 = 2mA$ , όταν στους

ακροδέκτες του υπάρχει τάση  $V_1 = 30\text{V}$ . Ποια είναι η αντίσταση του διπόλου; Όταν η τάση του δίπολου διπλασιαστεί, η ένταση του ρεύματος που το διαρρέει γίνεται  $I_2 = 12\text{mA}$ . Είναι το δίπολο αντιστάτης;

### Λύση

Η αντίσταση του διπόλου, όταν η τάση είναι  $V_1 = 30\text{V}$  είναι:

$$R_1 = \frac{V_1}{I_1} \Rightarrow R_1 = \frac{30\text{V}}{2\text{mA}} = 15\text{k}\Omega.$$

Για να διαπιστωθεί αν το δίπολο είναι αντιστάτης θα πρέπει να υπολογισθεί η αντίσταση  $R_2$ , όταν η τάση του δίπολου διπλασιάζεται. Αν η τιμή της  $R_2$  είναι ίση με την τιμή της  $R_1 = 15\text{k}\Omega$ , τότε το δίπολο είναι αντιστάτης διαφορετικά δεν είναι αντικαταστάτης.

Η τάση  $V_2$  έχει τιμή  $V_2 = 2V_1 = 2 \cdot 30\text{V} = 60\text{V}$ .

Η αντίσταση  $R_2$  είναι:

$$R_2 = \frac{V_2}{I_2} \Rightarrow R_2 = \frac{60\text{V}}{12\text{mA}} = 5\text{k}\Omega, \text{ άρα το δίπολο δεν είναι αντιστάτης.}$$

## Εφαρμογή 7η

Χάλκινο σύρμα έχει σταθερή διατομή και μήκος  $l = 20\text{m}$ . Στα άκρα του σύρματος υπάρχει τάση  $V = 0,34\text{V}$ , οπότε διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I = 1\text{A}$ . Πόσα  $\text{mm}^2$  είναι η διατομή του σύρματος; Δίνεται η ειδική αντίσταση του χαλκού  $\rho_{\text{Cu}} = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$ .

### Λύση

Αρχικά υπολογίζεται η αντίσταση  $R$  του σύρματος.

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow R = \frac{0,34\text{V}}{1\text{A}} = 0,34\Omega.$$

Η αντίσταση  $R$  σε συνάρτηση με τα γεωμετρικά στοιχεία του σύρματος δίνεται από τη σχέση:

$$R = \rho \frac{l}{S} \Rightarrow RS = \rho l \Rightarrow S = \frac{\rho l}{R} \Rightarrow S = \frac{1,7 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m} \cdot 20\text{m}}{0,34\Omega} = 10^{-6} \text{m}^2 = 10^{-6} \cdot 10^6 \text{mm}^2 = 1\text{mm}^2.$$

### Εφαρμογή 8η

Μολύβδινο σύρμα έχει αντίσταση  $R_1=100\Omega$ , σε θερμοκρασία  $\theta = 10^\circ\text{C}$  να υπολογισθεί η αντίσταση που παρουσιάζει στους  $\theta_2=100^\circ\text{C}$ . Ο θερμικός συντελεστής αντιστάσεως του μολύβδου είναι  $\alpha = 0,004 \text{ grad}^{-1}$ .

#### Λύση

Η αντίσταση του σύρματος στους  $\theta_2=100^\circ\text{C}$  δίνεται από τη σχέση:

$$R_2 = R_0 (1 + \alpha\theta_2) \quad (1)$$

όπου  $R_0$  η τιμή της αντίστασης στους  $0^\circ\text{C}$ .

Η τιμή της αντίστασης στους  $\theta_1=10^\circ\text{C}$  αντίστοιχα είναι:

$$R_1 = R_0 (1 + \alpha\theta_1) \quad (2)$$

Με διαίρεση της (1) με την (2) προκύπτει η σχέση:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_0 (1 + \alpha\theta_2)}{R_0 (1 + \alpha\theta_1)} = \frac{1 + \alpha\theta_2}{1 + \alpha\theta_1} \Rightarrow R_2 = R_1 \frac{1 + \alpha\theta_2}{1 + \alpha\theta_1} \Rightarrow$$

$$R_2 = 100\Omega \frac{1 + 0,004 \cdot 100^\circ\text{C}}{1 + 0,004 \cdot 10^\circ\text{C}} = 100\Omega \cdot 1,346 = 134,6\Omega.$$

### Εφαρμογή 9η

Σε θερμοσίφωνα, αναγράφονται τα στοιχεία (220V, 4KW) και λειτουργεί επί τρεις ώρες. Ποιό είναι το κόστος της λειτουργίας του, αν η τιμή της KWh είναι 30 δρχ.;

#### Λύση

Η ενέργεια που καταναλίσκει ο θερμοσίφωνας είναι:

$$W = Pt \Rightarrow W = 4\text{KW} \cdot 3\text{h} = 12\text{KWh}.$$

Το κόστος της ενέργειας είναι  $12\text{KWh} \times 30 \frac{\text{δρχ.}}{\text{KWh}} = 360 \text{ δρχ.}$



## Εφαρμογή 10η

Η ισχύς εξόδου συσκευής είναι  $P_o = 1,6 \text{ KW}$ . Η συσκευή έχει συντελεστή απόδοσης  $\alpha = 0,8$ . Αν η συσκευή λειτουργεί επί χρόνο  $t = 10 \text{ h}$ , πόση ενέργεια καταναλίσκει;

### Λύση

Αρχικά εκφράζονται οι τιμές των δεδομένων σε μονάδες του συστήματος S.I.

$$P_o = 1,6 \text{ KW} = 1,6 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$t = 10 \times 3600 \text{ s} = 36000 \text{ s} = 3,6 \cdot 10^4 \text{ s}$$

Η ισχύς εισόδου υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\alpha = \frac{P_o}{P_i} \Rightarrow P_i = \frac{P_o}{\alpha} \Rightarrow P_i = \frac{1,6 \cdot 10^3 \text{ W}}{0,8} = 2 \cdot 10^3 \text{ W}.$$

Η ενέργεια εισόδου υπολογίζεται από τη σχέση ορισμού της ισχύος.

$$P_i = \frac{W_i}{t} \Rightarrow W_i = P_i t \Rightarrow W_i = 2 \cdot 10^3 \text{ W} \cdot 3,6 \cdot 10^4 \text{ s} = 7,2 \cdot 10^7 \text{ J} = 72 \text{ MJ}.$$

## 1-4. Προβλήματα προς λύση

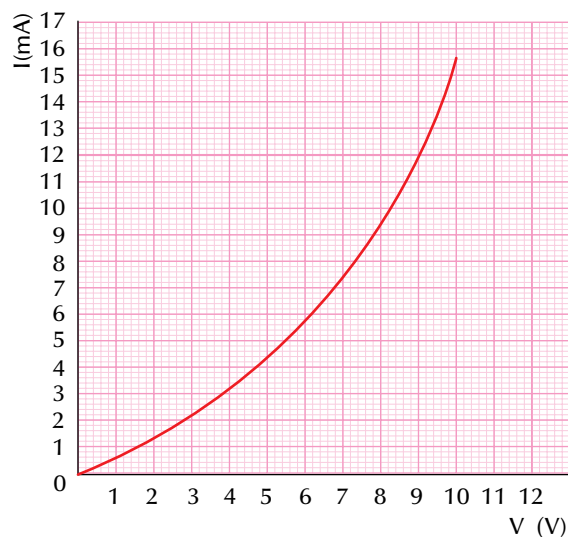
- 1<sup>ο</sup>** Στα άκρα A και B ευθυγράμμου τμήματος AB μήκους  $r = 0,9 \text{ m}$ , βρίσκονται τα σημειακά φορτία  $Q_1 = +4 \mu\text{C}$  και  $Q_2 = +8 \mu\text{C}$  αντίστοιχα. Στο σημείο N του AB, που απέχει  $d = 0,6 \text{ m}$  από το A, τοποθετείται φορτίο  $q = -1 \mu\text{C}$ . Να βρεθεί η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο q. (0,7N)
- 2<sup>ο</sup>** Δύο σημειακά φορτία  $Q_1 = +16 \mu\text{C}$  και  $Q_2 = +4 \mu\text{C}$  βρίσκονται αντίστοιχα στα σημεία A και B, τα οποία απέχουν κατά  $r = 0,6 \text{ m}$ . Σε ποιο σημείο του ευθυγράμμου τμήματος AB πρέπει να τοποθετηθεί φορτίο  $q = +1 \mu\text{C}$ , ώστε να ισορροπεί; (0,45m)
- 3<sup>ο</sup>** Δύο όμοια σημειακά φορτία  $Q_1 = Q_2 = 0,1 \mu\text{C}$  απέχουν κατά  $r$ . Τα φορτία αλληλεπιδρούν με δυνάμεις που έχουν μέτρο  $F = 10^{-3} \text{ N}$ . Να υπολογισθεί η μεταξύ τους απόσταση. Δίνεται  $k_{\text{ηλ}} = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ . (0,3m)

**4<sup>ο</sup>** Σημειακό φορτίο  $q$  βρίσκεται σε σημείο Α ηλεκτρικού πεδίου, που έχει δυναμικό  $V_A = -3V$ . Όταν το  $q$  μεταφέρεται από το Α στο άπειρο, από την δύναμη του πεδίου παράγεται έργο  $W = 3 \cdot 10^{-6} \text{ J}$ . Να υπολογισθεί το φορτίο  $q$ . ( $-1\mu\text{C}$ )

**5<sup>ο</sup>** Σημείο Α ηλεκτρικού πεδίου έχει δυναμικό  $V_A = -10V$ . Σημειακό φορτίο  $q = +2\mu\text{C}$  βρίσκεται στο Α και μεταφέρεται στο σημείο Β του πεδίου. Αν η τάση μεταξύ των σημείων Α και Β είναι  $V_{AB} = -30V$ , να υπολογισθούν:  
 α) Η δυναμική ενέργεια του  $q$ , όταν βρίσκεται στο Α.  
 β) Η δυναμική ενέργεια του  $q$  στο Β.  
 γ) Το έργο της δύναμης του πεδίου. ( $-20\mu\text{J}, 40\mu\text{J}, -60\mu\text{J}$ )

**6<sup>ο</sup>** Σημείο Α ηλεκτρικού πεδίου έχει δυναμικό  $V_A = 20V$ . Σε άλλο σημείο Β του πεδίου βρίσκεται φορτίο  $q = -100\mu\text{C}$ . Αν το  $q$  έχει δυναμική ενέργεια  $E_{\Delta(B)} = 10^{-3} \text{ J}$ , να υπολογισθεί η τάση  $V_{AB}$ . ( $30V$ )

**7<sup>ο</sup>** Στο σχήμα 1-15 φαίνεται η χαρακτηριστική ενός δίπολου.  
 α) Να προσδιορισθεί η αντίσταση του δίπολου, όταν η τάση στους ακροδέκτες του παίρνει τις τιμές:  $1V, 2V, 3V, 4V, 5V, 6V, 7V, 8V, 9V, 10V$ .  
 β) Να κατασκευασθεί το διάγραμμα  $R=f(V)$ .



- 8<sup>ο</sup>** Χάλκινο σύρμα έχει διατομή  $0,1\text{mm}^2$  και αντίσταση  $0,34\Omega$ . Ποιο είναι το μήκος του σύρματος; Δίνεται:  $\rho_{\text{Cu}} = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$ . (2m)
- 9<sup>ο</sup>** Για τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ δύο θέσεων, που απέχουν κατά  $l=2000\text{m}$ , χρησιμοποιείται χάλκινος αγωγός. Αν η αντίσταση του αγωγού είναι  $R=340\Omega$ , να υπολογισθεί η μάζα του.  
Δίνονται:  $\rho_{\text{Cu}} = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$ , πυκνότητα χαλκού  $d_{\text{Cu}} = 8,9 \cdot 10^3 \frac{\text{Kgr}}{\text{m}^3}$ .  
(1,78 Kgr)
- 10<sup>ο</sup>** Σύρμα νικελίου έχει αντίσταση  $R=13,8\Omega$  και μήκος  $l=10\text{m}$ . Αν η διατομή του σύρματος είναι  $0,05\text{mm}^2$ , να υπολογισθεί η ειδική αγωγιμότητα του νικελίου.  
(14,49 · 10<sup>6</sup> Ω<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>)
- 11<sup>ο</sup>** Αγωγός όταν βρίσκεται στους  $0^\circ\text{C}$  έχει αντίσταση  $R_0=10\Omega$ , ενώ στους  $25^\circ\text{C}$  έχει αντίσταση  $R_{25}=11\Omega$ . Να προσδιορισθεί ο θερμικός συντελεστής αντίστασης του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένος ο αγωγός.  
(0,004grad<sup>-1</sup>)
- 12<sup>ο</sup>** Χάλκινος αγωγός στους  $0^\circ\text{C}$  έχει αντίσταση  $R_0 = 10\Omega$ , ενώ σε θερμοκρασία  $\theta$  έχει αντίσταση  $R_\theta = 10,39\Omega$ . Να προσδιορισθεί η θερμοκρασία  $\theta$ .  
Δίνεται ο θερμικός συντελεστής αντίστασης του χαλκού  $\alpha_{\text{Cu}}=0.0039\text{grad}^{-1}$ .  
(10 °C)
- 13<sup>ο</sup>** Χάλκινος αγωγός στους  $0^\circ\text{C}$  έχει αντίσταση  $R_{0(\text{Cu})}=10\Omega$ . Στην ίδια θερμοκρασία αγωγός από άνθρακα έχει αντίσταση  $R_{0(\text{C})}=12\Omega$ . Να προσδιορισθεί η θερμοκρασία στην οποία οι δύο αγωγοί έχουν ίσες αντιστάσεις.  
Δίνονται:  $\alpha_{\text{Cu}}=0,004\text{grad}^{-1}$ ,  $\alpha_{\text{C}}=-0,005\text{grad}^{-1}$ .  
(20 °C)
- 14<sup>ο</sup>** Δύο μηχανές είναι συνδεδεμένες ώστε, η ισχύς εξόδου της πρώτης να είναι ισχύς εισόδου της δεύτερης. Η ισχύς εισόδου της πρώτης μηχανής είναι  $P_{i(1)}=10\text{W}$ , ενώ η ισχύς εξόδου της δεύτερης είναι  $P_{o(2)}=7,2\text{W}$ . Αν ο συντελεστής απόδοσης της πρώτης μηχανής είναι  $\alpha_1=0,8$ , να υπολογισθεί ο συντελεστής απόδοσης της δεύτερης.  
(0,9)

